

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

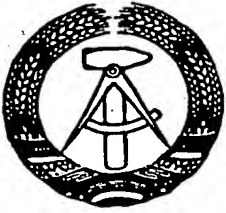
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
**Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK  
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

# PATENTSCHRIFT 129 761

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11)	129 761	(44)	08.02.78	Int. Cl. <sup>2</sup> 2(51) B 60 L 15/20
(21)	B 60 L / 196 977	(22)	18.01.77	

---

(71) siehe (72)

(72) Horn, Peter, Dr.-Ing.; Winkler, Axel, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ Dresden,  
Abt. Schutzrechtspolitik, 801 Dresden, Friedrich-List-Platz 1

---

(54) Verfahren zur energiesparenden Steuerung von Triebzügen

---

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Realisierung einer energiesparenden Zugsteuerung im Nahverkehr durch Anwahl von zeitfesten oder zeitvariablen Fahrprogrammen für die Vorgabe optimaler Umschalthandlungen zwischen den Fahrregimen Anfahrt, konstante Geschwindigkeit, Auslauf und Bremsen. Ziel der Erfindung ist es, den technischen und ökonomischen Aufwand für eine teilweise automatische und energiesparende Zugsteuerung zu vermindern, wobei durch komplexe Einbeziehung und Auswertung der physikalischen Zustandsgrößen Weg und Geschwindigkeit bzw. zusätzlich der Zeit bei energiesparender Fahrweise eine zeit- und zielgerechte Zugsteuerung ermöglicht wird. Die für eine energiesparende Fahrweise erforderlichen Umschalthandlungen werden bei großen Fahrzeitreserven von Beschleunigung in Auslauf geschwindigkeitsabhängig, bei kleinen Fahrzeitreserven Beschleunigung und anschließender Beharrungsfahrt in Auslauf wegabhängig und der jeweils zugehörige Bremseneinsatzpunkt unter der Voraussetzung der Fahrplaneinhaltung wegabhängig vorausberechnet, vorprogrammiert und in einem Festwertspeicher zeit- oder fahrabschnittsabhängig abrufbar gespeichert.



(52) Ag 141 66 76 4.0 7782

15 Seiten

ATP 2860

196 977-1-

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Realisierung einer energiesparenden Zugsteuerung im Nahverkehr durch Anwahl von zeitfesten oder zeitvariablen Fahrprogrammen zur Vorgabe optimaler Umschalthandlungen zwischen den Fahrregimen Anfahrt, konstante Geschwindigkeit, Auslauf und Bremsen.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannt sind bereits Verfahren zur automatischen Zugsteuerung, nach denen die Schalthandlungen in Abhängigkeit von einer den Prozeßverlauf charakterisierenden Zustandsgröße oder einer physikalischen Größe (z.B. Zeit, Weg, Geschwindigkeit) nicht energiesparend vorprogrammiert und durchgeführt werden bzw. zur gerätetechnischen Realisierung von energiesparenden Zugfahrten analoge als auch digitale Bordcomputer Verwendung finden.

Nachteilig bei derartigen Verfahren sind die infolge nicht vermeidbarer Abweichungen zwischen dem realen und dem vorausberechneten sowie vorprogrammierten Fahrverlauf bei der Ankunft in den einzelnen Zielbahnhöfen auftretenden Fehler wie:

- der Wegfehler bei einer zeitabhängigen Steuerung,
- der Weg- und Zeitfehler bei einer sowohl weg- als auch geschwindigkeitsabhängigen Steuerung

ein kosten- und gerätetechnischer Mehraufwand beim Einsatz eines

Bordcomputers, der unter Berücksichtigung aller physikalischen Zustandsgrößen (Weg, Zeit und Geschwindigkeit) eine energieoptimale und zeitgerechte Zugsteuerung gestattet, also eine Synteselösung ermöglicht.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den technischen und ökonomischen Aufwand für eine teilweise automatische und energiesparende Zugsteuerung zu vermindern.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe der Erfindung besteht darin, durch komplexe Einbeziehung und Auswertung der physikalischen Zustandsgrößen Weg und Geschwindigkeit bzw. zusätzlich der Zeit bei energiesparender Fahrweise zeit- und zielgerechte Zugfahrten zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, in dem die beim Nahverkehr für eine energiesparende Fahrweise erforderlichen Umschaltungen bei großen Fahrzeitreserven von Beschleunigen in Auslaufgeschwindigkeitsabhängig, bei kleinen Fahrzeitreserven von Beharrungsfahrt in Auslauf wegababhängig und der jeweils zugehörige Bremsseinsatzpunkt unter der Voraussetzung der Fahrplaneinhaltung wegababhängig vorausberechnet und vorprogrammiert werden, so daß bei Einhaltung der Schaltvorschrift nicht vermeidbare jedoch hinreichend kleine Abweichungen des Fahrverlaufes ausgeglichen werden. Diese Umschaltvorgaben sind vor bzw. zum Zeitpunkt des Fahrbeginns von der Steuereinrichtung bereitzustellen, wobei bei vorgegebenen konstanten Aufenthaltszeiten je Bahnhof eine ortsabhängige (zeitfeste Fahrprogrammauswahl) und bei variablen Aufenthaltszeiten eine zeit- und ortsabhängige Programmauswahl (zeitvariable Fahrprogrammauswahl) zu realisieren ist.

Die Reihenfolge der Schalthandlungen ist von den im Nahverkehr bekannten energie sparenden Fahrweisen abhängig, sodaß die vier Steuerregime

- Anfahrt
- gegebenenfalls Beharrungsfahrt entlang der Höchstgeschwindigkeit

- Auslauf
- Bremsen

notwendigerweise nacheinander abzuarbeiten sind.

Während im Falle einer zeitfesten Fahrprogrammauswahl die Nummer bzw. Adresse einer Strecke (Fahrabschnitt zwischen zwei Bahnhöfen) der Adresse eines Speicherplatzes mit vorgegebener Bitzahl entspricht, besteht bei einer zeitabhängigen Fahrprogrammauswahl ein direkter Zusammenhang zwischen der aktuellen diskreten Prozeßdauer und einer Speicherplatzadresse, auf der sich das aktuelle Fahrregime abgespeichert befindet.

Die jeweilige Speicherplatzadresse für das aktuelle Fahrregime wird durch Aufsummieren der zurückgelegten Streckenabschnitte bzw. von diskreten, die Prozeßdauer charakterisierenden Zeitintervallen, ermittelt. Die Speicheranordnung stellt dabei eine Kombination mehrerer Speicherschaltkreise dar, die adreßseitig parallel geschaltet werden. Damit wird es möglich bei relativ geringem Steuer- bzw. Logikaufwand die für die digitale Darstellung der Abschaltgeschwindigkeit  $V_{ab}$ , des Abschaltweges  $S_{ab}$  und des Bremseinsatzpunktes  $S_{br}$  benötigte Informationslänge zu erreichen.

Durch die fortlaufende Prozeßdauer wird bei einer zeitabhängigen Fahrprogrammauswahl jedem Zeitintervall über einen Adressenzähler und der Speicheranordnung ein Fahrregime bereitgestellt, wobei einmal pro Streckenabschnitt bei Überschreiten einer maximalen Startzeit bzw. einer maximalen Anzahl von Zeitintervallen ein Informationsbit durch die Speicheranordnung ausgegeben wird, sodaß durch Aufsummieren dieser ausgegebenen Zeitinformationen gleichzeitig eine eindeutige Zuordnung zwischen der fortlaufenden Prozeßzeit und dem nur für einen Fahrabschnitt gültigen Fahrregime erfolgt.

Das jeweils aktuelle Fahrregime wird mit Hilfe einer Starttaste in einen Zwischenspeicher übernommen und für die weitere Verarbeitung bereitgestellt. Nicht benötigte Fahrregime werden somit ausgeblendet.

Über in Logikschaltung erfolgt die Unterscheidung zwischen geschwindigkeits- oder wegabhängiger Umschaltung in das Fahrregime

Auslauf. Die entweder über den Zwischenspeicher oder direkt durch die Speicheranordnung bereitgestellte Information über das aktuell zu realisierende Fahrregime kann sowohl über eine digitale Anzeigevorrichtung an den Triebfahrzeugführer ausgegeben und dieser realisiert die eigentliche Zugfahrt als auch unmittelbar an eine selbsttätige Steuereinrichtung übergeben, so daß der Triebfahrzeugführer mit Hilfe der Anzeigevorrichtung im wesentlichen nur eine Kontrollfunktion ausübt.

Die einzelnen Umschaltpunkte der Fahrregime für die verschiedenen Strecken und Fahrzeitdiskretisierungen werden durch Simulation auf einer EDVA vorherbestimmt und in die Speicheranordnung übertragen.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an zwei Ausführungsbeispielen für eine zeitfeste (Fig. 3) und eine zeitvariable (Fig. 8) Fahrprogrammauswahl erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: Veranschaulichung der energieoptimalen Fahrweise für große Fahrzeitreserven und deren Schalthandlungen
- Fig. 2: Veranschaulichung der energieoptimalen Fahrweise für kleine Fahrzeitreserven und deren Schalthandlung
- Fig. 3: Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Anordnung für eine zeitfeste Fahrprogrammauswahl
- Fig. 4: Darstellung energieoptimaler Fahrweisen für unterschiedliche Fahrzeiten
- Fig. 5: Veranschaulichung des Zusammenhanges zwischen der Startzeit  $t_s$  (A) im Bahnhof A und der Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$
- Fig. 6: Veranschaulichung des Zusammenhanges zwischen der Startzeit  $t_s$  (A) im Bahnhof A und des Bremsseinsatzortes
- Fig. 7: Darstellung der orts- und zeitabhängigen Umschaltungen für Auslauf- und Bremsbeginn
- Fig. 8: Blockschaltbild für eine erfindungsgemäße Anordnung für eine zeitvariable Fahrprogrammauswahl

Gemäß der Darstellung nach Fig. 1 ist bei genügender Fahrzeitreserve eine Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$  einzuhalten, die unter der Höchstgeschwindigkeit  $v_m$  liegt. Im Fall von kleinen Fahrzeitreserven kann zur Gewährleistung einer pünktlichen Ankunft im Zielbahnhof eine Fahrweise erforderlich sein, die eine Beharrungsfahrt mit der Höchstgeschwindigkeit  $v_m$  beinhaltet, vgl. Fig. 2

Eine Schalthandlung für den Übergang in Auslauf ist in diesem Falle wegababhängig am Abschaltort  $S_{ab}$  vorzunehmen. Diese Umschaltpunkte sowie der Bremseinsatzpunkt können für jeden Streckenabschnitt sowohl durch digitale Simulation von Zugfahrten als auch experimentell für die geforderten und einzuhaltenden Fahrzeiten hinreichend genau ermittelt werden.

Gemäß der schematischen Anordnung in Fig. 3 sind diese vorher bestimmten Umschaltpunkte für jede Fahrt in einer Speicheranordnung 3 abzuspeichern. Die zur Speicheranordnung gehörenden Speicherschaltkreise sind adresseitig parallel an einen Adresszähler 2 angeschlossen, sodaß die Information für die aktuellen Werte der Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$  des Abschaltweges  $S_{ab}$  sowie des Bremseinsatzpunktes  $S_{br}$ , zeitlich parallel für die weitere Verarbeitung zur Verfügung stehen.

Durch eine Logikanordnung 4, bestehend aus UND- bzw. ODER Gattern, ist es möglich, die Information für den Übergang in Auslauf als Abschaltweg  $S_{ab}$  bzw. Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$  an eine Anzeigevorrichtung für den Triebfahrzeugführer zu definieren und (oder) für die Ausführung der Umschaltung durch eine Steuereinrichtung 6 auf dem Triebfahrzeug während der Fahrt zu nutzen. Die zugehörige Information für den Bremseinsatzort  $S_{br}$  kann direkt aus der Speicheranordnung 3 genutzt werden. Eine fahrabschnittgerechte Anwahl der in 3 abgespeicherten optimalen Fahrprogramme wird durch den Adresszähler 2 realisiert, der durch Tastendruck vom 1 bei Ende einer Fahrt die Adresse für das Fahrprogramm des nächsten Fahrabschnittes bereit stellt. Da dieses Ausführungsbeispiel nur bei genau definierbaren Abfahrtszeiten angewendet werden kann, wird im folgenden ein 2. Ausführungsbeispiel für variable Abfahrtszeiten, also für eine zeitvariable Fahrprogrammauswahl aufgezeigt.



Gemäß der Darstellung nach Fig. 4 können in allen Streckenabschnitten energieoptimale Fahrtschaulinien für verschiedene Fahrzeiten  $t_f$  realisiert werden. Durch digitale Simulation auf einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage ist die Ermittlung des eindeutigen Zusammenhanges zwischen den Umschaltungen und der Fahrzeit  $t_f$  möglich. Für die durch den Fahrplan geforderte und einzuhaltende Ankunftszeit im Bahnhof B kann durch Subtraktion der gültigen Fahrzeit  $t_f$  der Zusammenhang zwischen der Startzeit  $t_s$  (A) im Bahnhof A und der Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$ , vgl. Fig. 5, sowie des Bremseinsatzortes  $S_{br}$ , vgl. Fig. 6, aufgestellt werden. Wird mit der Startzeit  $t_s$  die aktuelle Zeit definiert, so kann für mehrere aufeinanderfolgende Fahrten das in Fig. 7 dargestellte zeitabhängige Fahrprogramm entworfen werden. Durch Diskretisierung der Zeit  $t$  in Intervallen der Länge  $\Delta t$  kann für jeden diskreten Zeitpunkt mit  $k = 0, 1, 2, \dots$

$$t(k+1) = t(k) + \Delta t$$

die zugehörige Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$  bzw. der zugehörige Abschaltort  $S_{ab}$  (bei Beharrungsfahrt mit Höchstgeschwindigkeit  $v_m$ ) sowie der zu diesen Schalthandlungen gültige Bremseinsatzort  $S_{br}$  ermittelt und im Speicher 3, vgl. Fig. 8, vorprogrammiert werden. Gemäß der Anordnung in Fig. 8 wird durch einen Zeitbasisgeber in Form eines Impulsnormals 7, das einen zeitlichen Impulsabstand von  $\Delta t$  einhält, in den Adresszähler 2 die  $Z$  it aufaddiert. Durch den Zählerstand in 2, der dem aktuellen diskreten Zeitpunkt  $t(k)$  repräsentiert, wird für die Speichergruppe 3 die Adresse des Speicherplatzes gebildet (die Speicherschaltkreise sind wiederum adressartig parallel geschaltet), auf dem sich das zur Zeit gültige energieoptimale Fahrprogramm (mit den aktuellen Umschaltpunkten) befindet.

Da eine Auswahl des Fahrprogrammes zeitabhängig erfolgt, ist in einem Zähler 8 zum Zeitpunkt  $t_{s \max}(k)$  ein Impuls einzuzählen. Der Zählerstand von 8 repräsentiert damit die Nummern der Adresse des Streckenabschnittes, in dem das ausgewählte Fahrprogramm einzuordnen ist. Zusätzlich zum 1. Ausführungsbeispiel ist durch eine Starttaste 1 die Information aus der Speichergruppe 3 sowie der Zählerstand von 8 in einem Zwischenspeicher 9 zu übertragen. Im Zwischenspeicher 9 steht somit die Information d r

Fahrtnummer, der Abschaltgeschwindigkeit  $v_{ab}$  oder des Abschaltortes  $S_{ab}$  und des Bremseinsatzpunktes  $S_{br}$  zur Verfügung. Über eine Logikschaltung 4 wird wieder definiert, ob der Übergang im Auslauf geschwindigkeits- oder wegabhängig zu erfolgen hat. Die Information aus 9 als auch die Entscheidung für den Auslaufübergang aus Logik 4 können somit zum Zeitpunkt des Starts in eine Anzeige 5 bzw. zur automatischen Steuerung in eine Steuereinrichtung 6 übertragen werden.

Nach Durchführung der Fahrt kann im folgenden Bahnhof durch Betätigen der Starttaste 1 zum Zeitpunkt des Startes das nächste, der Startzeit  $t_s$  entsprechende Fahrprogramm ausgewählt und bereitgestellt werden.

Erfindungsanspruch:

- 1.1. Verfahren zur energiesparenden Steuerung von Triebzügen, gekennzeichnet dadurch, daß durch eine zweckmäßig(e) komplexe Einbeziehung entweder der physikalischen Zustandsgrößen Weg und Geschwindigkeit oder zusätzlich der Zeit im ersten Fall eine zeitunabhängige und im zweiten eine zeitvariable Anwahl energieoptimaler Fahrprogramme derart erfolgt, daß die Vorgabe der Umschaltung zwischen Beschleunigen und Auslauf geschwindigkeitsabhängig, die Vorgabe der Umschaltung von Beharrungsfahrt in Auslauf wegabhängig und die Vorgabe des jeweils zugehörigen Bremsseinsatzpunktes wegabhängig erfolgen, diese Umschaltungen für jede Fahrt entweder für eine vorgegebene Fahrplanlage oder für weitere diskrete Abweichungen vorausberechnet und derart in einer Speicheranordnung (3) abgespeichert werden, daß im ersten Fall durch Anwahl der Fahrt- bzw. Streckennummer und im zweiten durch Aufsummieren diskreter Zeitintervalle in einem Zähler die Auswahl des jeweils aktuellen energiesparenden Fahrprogramms dadurch erfolgt, daß es über eine Adressenzuordnung der Speicherplätze zu den einzelnen Streckenabschnitten bzw. diskreten Fahrplanlagen abgerufen wird.
- 1.2. Verfahren nach Punkt 1.1., gekennzeichnet dadurch, daß im Falle einer zeitunabhängigen Fahrprogrammauswahl die Nummer bzw. Adresse eines Streckenabschnittes und im Falle einer zeitvariablen Fahrprogrammauswahl die Prozeßdauer als Anzahl von diskreten Zeitintervallen der Adresse eines Speicherplatzes mit vorgegebener Bitzahl entspricht, auf dem sich das jeweilige benötigte Fahrregime abgespeichert befindet.
- 1.3. Verfahren nach Punkt 1.1. und 1.2., gekennzeichnet dadurch, daß bei einer zeitvariablen Fahrprogrammauswahl jedem Zeitintervall über einen Adresszähler (2) und der Speicheranordnung (3) eine Fahrregime bereitgestellt wird, wobei pro Streckenabschnitt bei Überschreiten einer maximalen Startzeit die Ausgabe eines Informationsbits und in einem weiteren Zähler die Addition dieser Informationen erfolgt, sodaß eine eindeutige Zuordnung zwischen Fahrprogramm und Streckenabschnitt erfolgen kann.

- 1.4. Verfahren nach Punkt 1.1. bis 1.3., gekennzeichnet dadurch, daß in Verbindung mit einem Zwischenspeicher (9) und einer Starttaste (1) jeweils nur das aktuelle Fahrprogramm ausgegeben wird und nicht benötigte Fahrprogramme ausgeblendet werden.
- 1.5. Verfahren nach Punkt 1.1. bis 1.4., gekennzeichnet dadurch, daß eine Logikschaltung (4) in Abhängigkeit vom Inhalt eines Informationsbits die durch die Speicheranordnung (3) ausgegebene Bitzahl entweder als Abschaltgeschwindigkeit oder als Abschaltweg interpretiert und zur weiteren Verarbeitung bereitstellt.
- 1.6. Verfahren nach Punkt 1.1. bis 1.5., gekennzeichnet dadurch, daß eine digitale Anzeigevorrichtung (5) die Umschaltpunkte des aktuellen Fahrregimes und den dazugehörigen Streckenabschnitt zur Information für den Triebfahrzeugführer bereitstellt.
- 1.7. Verfahren nach Punkt 1.1. bis 1.6., gekennzeichnet dadurch, daß die einzelnen Umschaltpunkte der Fahrregime für die verschiedenen Strecken und Fahrzeitdiskretisierungen durch Simulation auf einer EDVA vorherbestimmt und in die aus parallel geschalteten Speicherschaltkreisen bestehende Speicheranordnung (3) übertragen sowie parallel ausgegeben werden.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

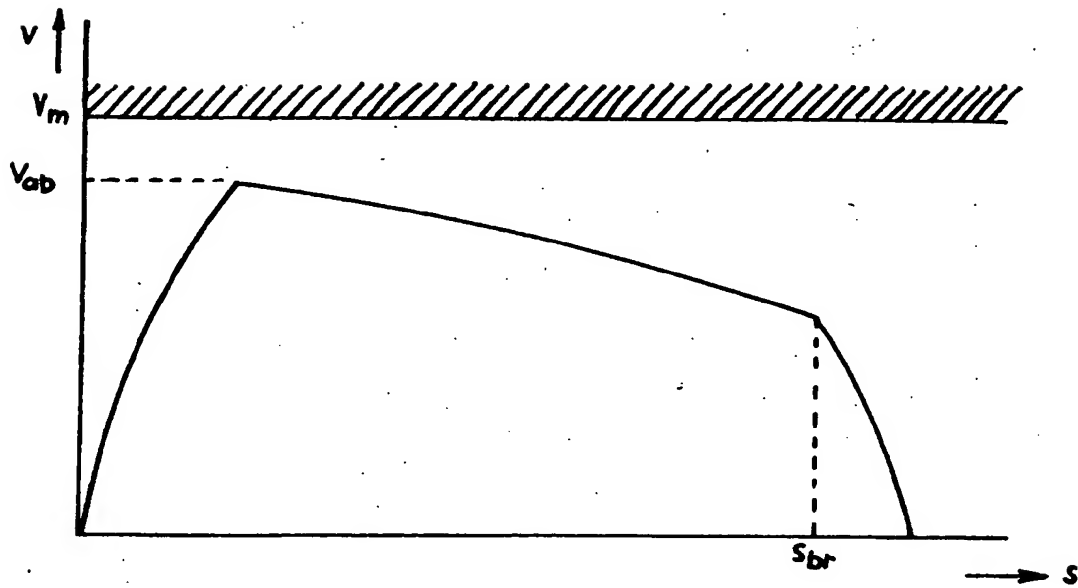


Fig. 1

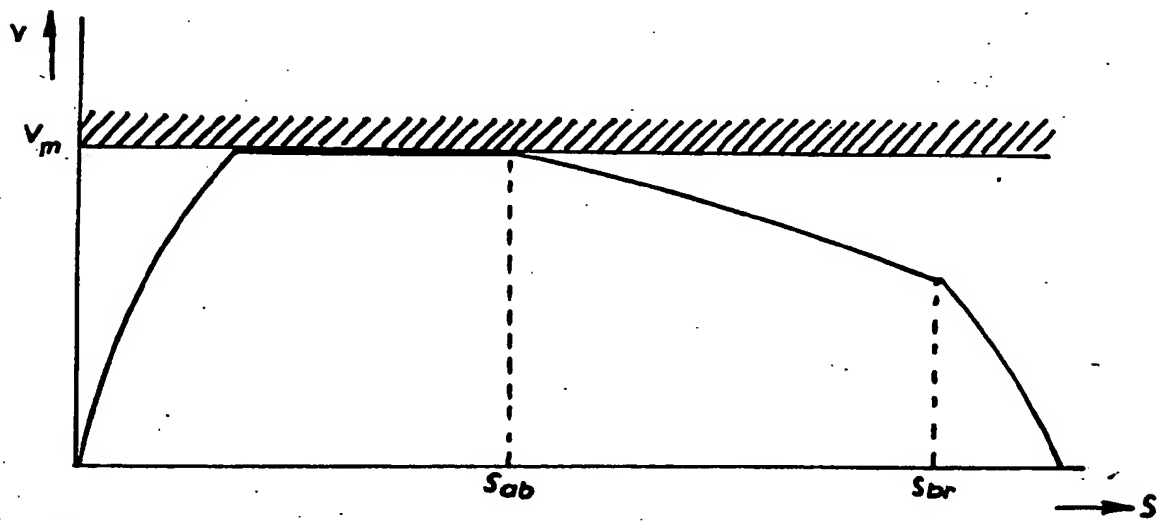


Fig. 2

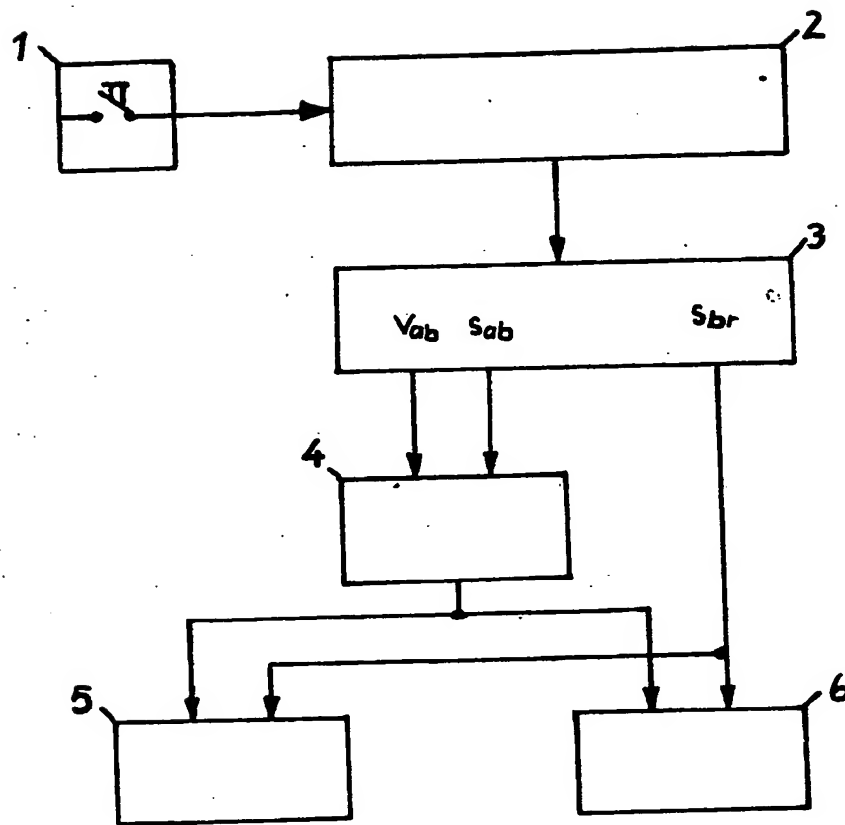
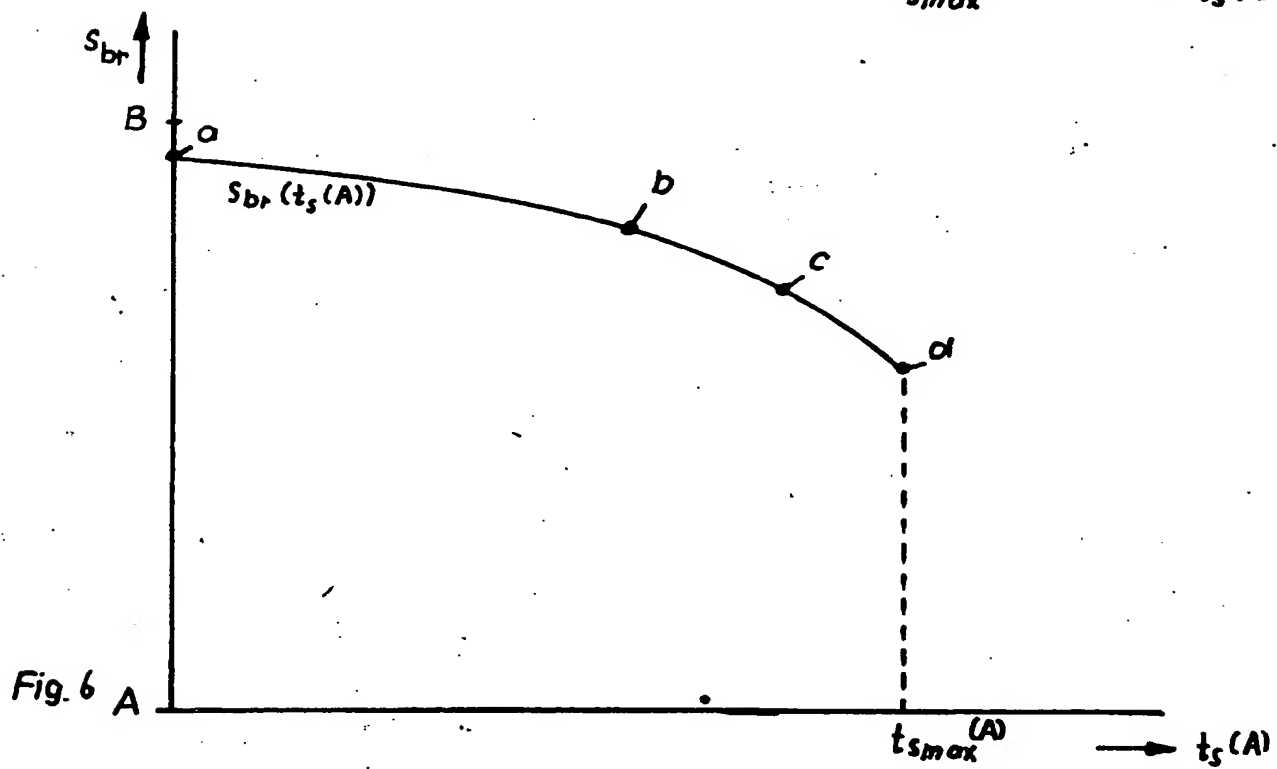
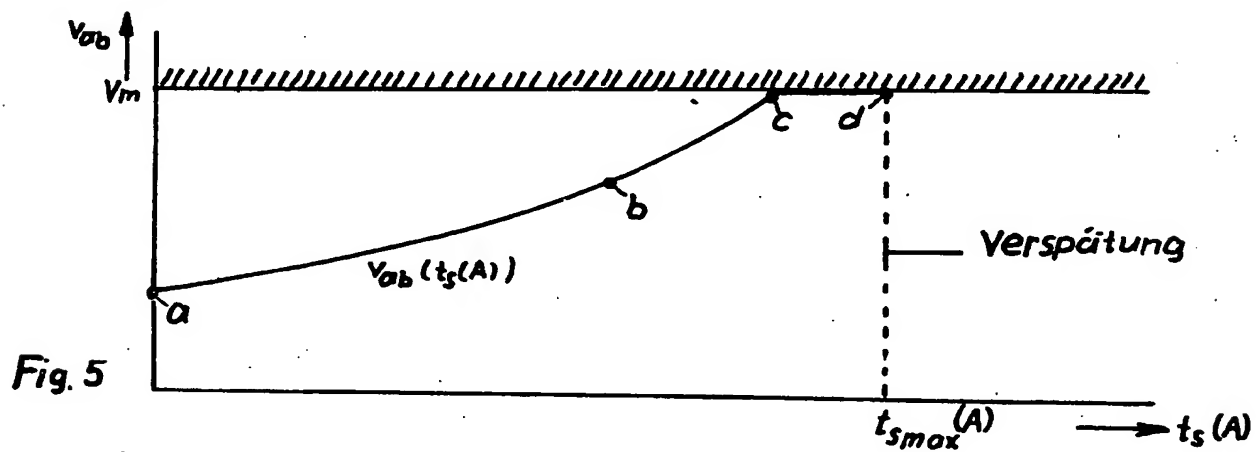
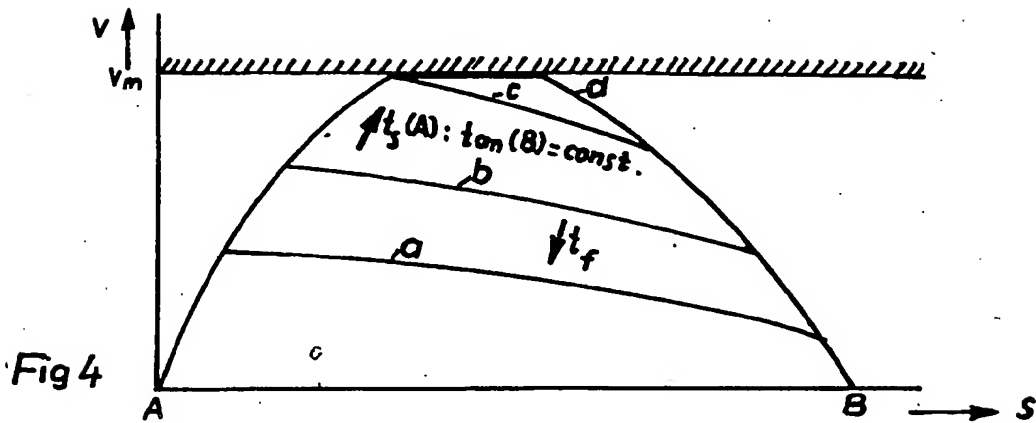


Fig. 3



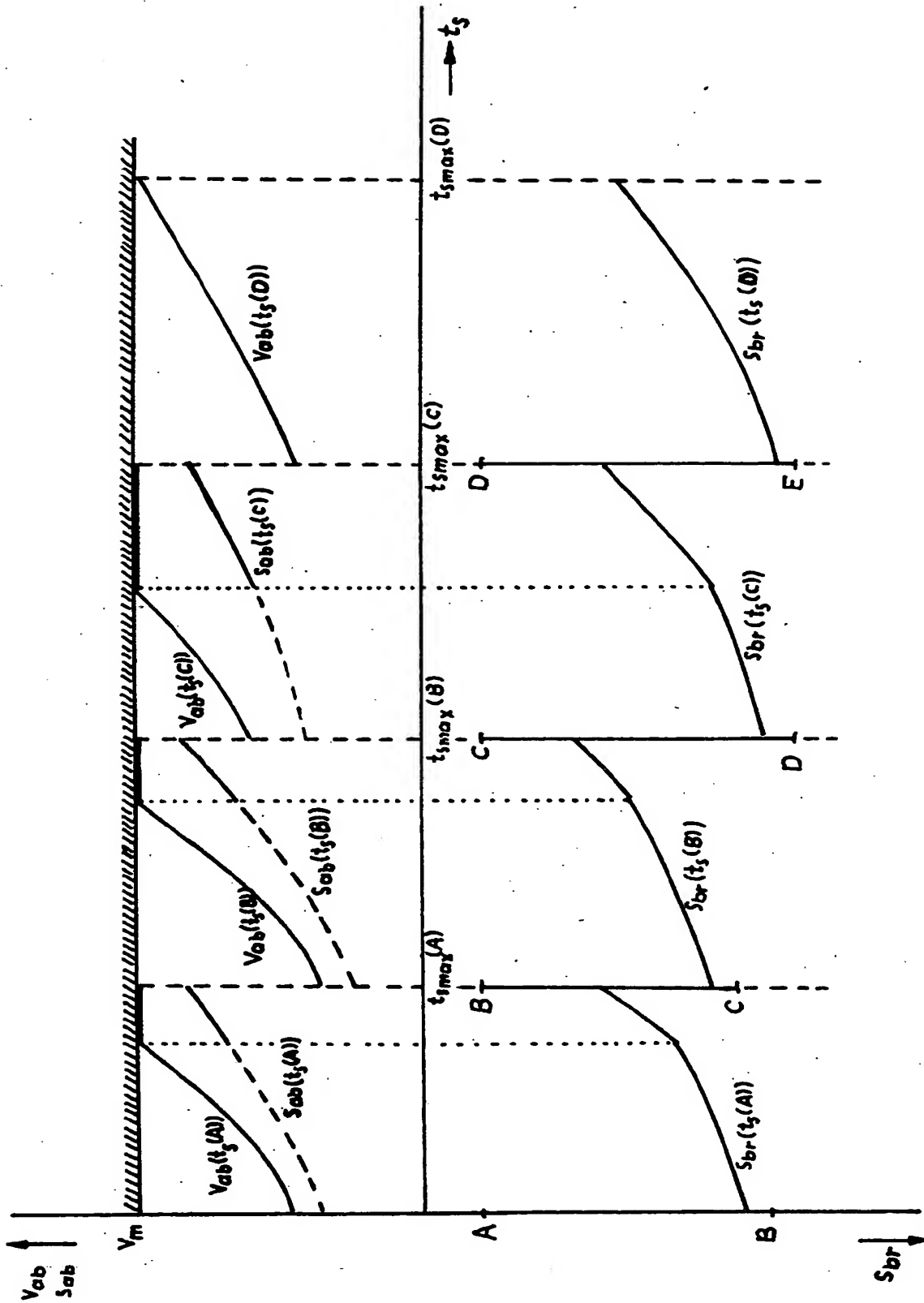


Fig. 7



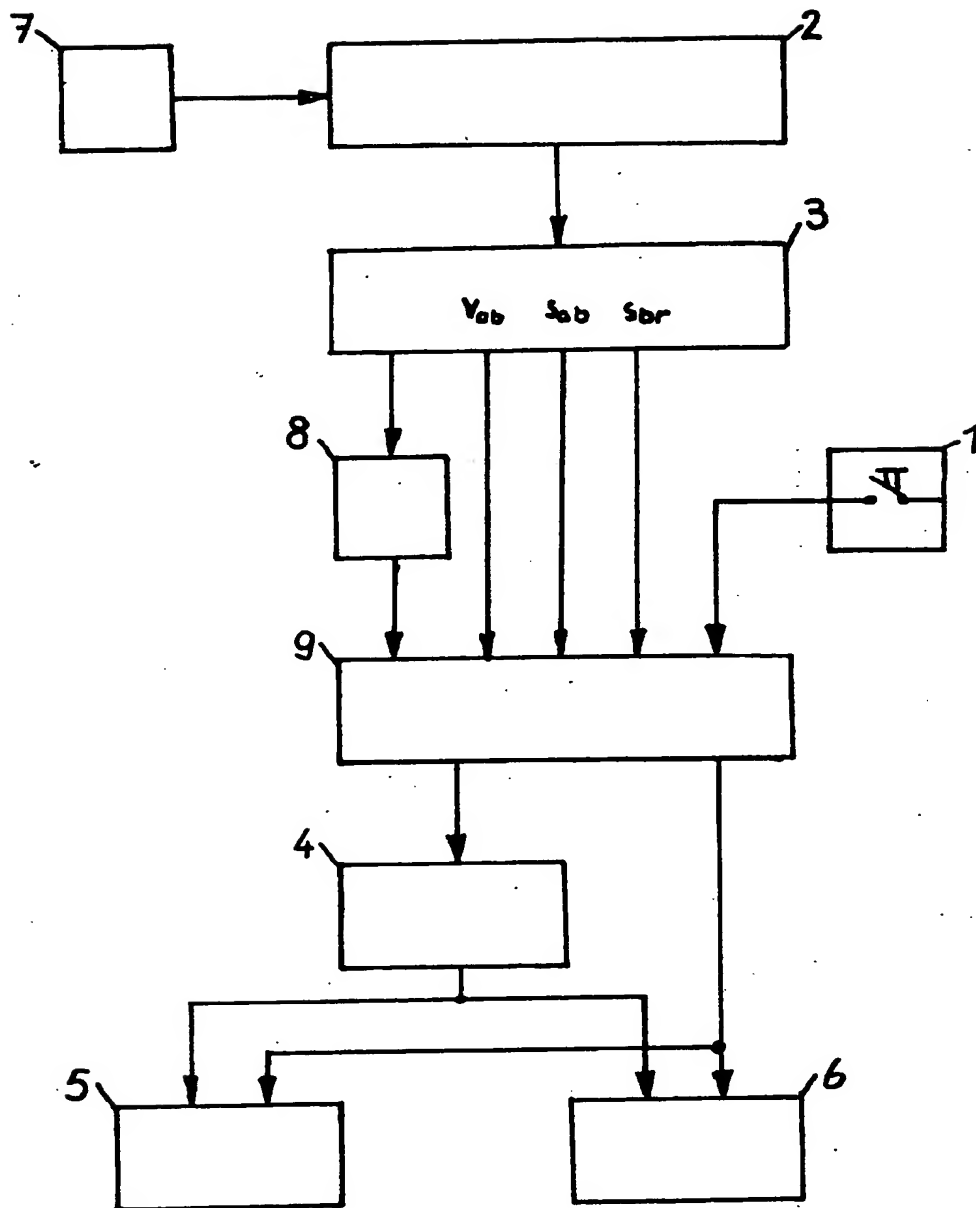


Fig. 8

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**